Über den Gelenkbau bei den Arthrozoen.

Von dem c. M. **Prof. Dr. Karl Langer.**

(Auszug aus einer grösseren für die Denkschriften bestimmten Abhandlung.)

Diese Abhandlung ist der vierte Beitrag zur vergleichenden Anatomie und Mechanik der Gelenke und zerfällt in zwei Abschnitte. Der erste Abschnitt behandelt die anatomischen Verhältnisse der einzelnen Gelenke bei den decapoden Crustaceen und mehreren Gattungen grösserer Käfer, mit Berücksichtigung einzelner Genera der anderen Ordnungen der Insecten; der zweite Abschnitt untersucht die Combinationen der Gelenke ganzer Leibestheile, mit Bezug auf die resultirende Beweglichkeit derselben.

Die anatomische Untersuchung hat ergeben, dass die bei der Locomotion betheiligten Gelenke durchaus nur einaxige Gelenke sind; die sogenannten freien Gelenke, *à tête perforée* nach Strauss-Durkheim verdienen nur selten diesen Namen, indem auch sie meist Charniere werden; rein erhalten sie sich nur an den Antennen, seltener an der Verbindung des Kopfes mit dem Prothorax. Sie sind nur trichterförmige Einstülpungen zweier durch weiches Integument, sogenannte Gelenkhäute, verbundener Segmente harten Integumentes.

Strenge Charniere mit genau vorgezeichneter Excursionsrichtung kommen erst dann an den in einander geschobenen Gliedern zu Stande, wenn die beiden harten Glieder axial fixirt sind.

Diese Fixirung wird dadurch bewerkstelligt, dass die beiden Glieder meist nur an den Axenenden sich berühren, und durch straffe Gelenkhaut verbunden werden, während die Gelenkhaut, um der Excursion Raum zu geben, beuge- und streckwärts lang und schlaff ist. Die Haltbarkeit der Verbindung hängt in diesem Falle nur ab von der Resistenz der Gelenkhaut an diesen Stellen. Durch Faltungen des harten Integumentes in der Axenrichtung

sowohl nach aussen, als auch in's Innere der Röhren, werden die axialen Berührungspunkte beider Glieder vermehrt, die Haltbarkeit der Verbindung vergrössert, ohne die Excursion zu beeinträchtigen.

In anderen Fällen geschieht die Fixirung der Glieder durch axiale in Pfannen des anderen Gliedes eingelagerte hohle Zapfen, oder durch Falze, wo dann ringförmige Leisten oder kuglige Zapfen, und kreisförmige Rinnen oder Gruben wechselseitig in einander eingreifen. Bei dieser Charnier-Form kömmt es zu Flächencontact und damit zu Gelenkflächen.

Walzen-Charniere mit Pfannen finden sich nur an den Coxae der meisten Käfer und einiger Hymenopteren (am zweiten Beine der Bienen-Gattungen); doch sind auch diese Coxae axial durch Zapfen oder Falze in den Pfannen des Thorax fixirt.

Auf das Schema der Zapfen- und Falz-Charniere mit axialer Faltung und Buchtung des harten Integumentes lassen sich alle anderen Formen von Charniergelenken der Arthrozoen zurückführen.

Besonderes Interesse gewährt das Coxo-Femoral-Gelenk an den Vorderbeinen vieler Käfer, da hier die Einfügung des Gelenkstückes vom Schenkel, des Trochanters, in die Coxa so geschieht, dass die Axen der Hüfte und des Schenkels sich durchkreuzen, nicht blos überkreuzen.

An diesem Gelenke, so wie auch an mehreren Hüft- und Kniegelenken hat sich die Schraube wiedergefunden. Sie tritt in der Form von Kegelschrauben auf, ist öfter an den Axenenden symmetrisch, so dass ein und dasselbe Gelenksstück einerseits links, andererseits rechts gewundene Elemente besitzt, wesshalb sie dann mehr als Arretirungs-, denn als Gangapparat fungiren kann. Im Knie hat sich die Schraube erst bei stärkeren Vergrösserungen nachweisen lassen, und dürfte desshalb mehr eine morphologische als mechanische Bedeutung haben.

Der Trochantinus (Audouin) bedingt am zweiten Coxa-Gelenke von Hydrophilus einen eigenthümlichen beweglichen Klappenapparat zum Verschlusse der Thorax-Pfanne.

Zwischen dem ersten und zweiten Beine, derselben Seite, tritt Symmetrie auf.

Dieselbe Bedeutung, welche für die Form der Knochen die Gelenkenden haben, haben bei den Arthrozoen die Gelenköffnungen der Glieder mit ihren bald symmetrischen, bald assym-

metrischen Contouren, Vorsprüngen und Einschnitten. Ihre Modificationen konnten hier bei den einfachen Bewegungsverhältnissen der einzelnen Gelenke leicht bestimmt und gedeutet werden. Ebenso sind auch die zur Berührung der zusammengebogenen Glieder bestimmten Abflachungen der Wände (die Axelflächen) ganz mit den Bewegungsverhältnissen und der Gliederungsweise der Beine in Causalnexus zu bringen, so dass die Formen der einzelnen Skeletstücke ganz leicht gedeutet, und aus der cylindrischen Grundgestalt abgeleitet werden können.

Die Untersuchung der Gelenke und ihrer Combinationen bei den Arthrozoen war auch desshalb von besonderem Interesse, weil an einer grösseren Reihe formverwandter Thiere bei verschiedenen Leistungen ihrer Beine und der einfachsten Gelenkform die volle Bedeutung der Combination der Gelenke leicht ersichtlich wird.

Indem ich zunächst von der Vorstellung ausging, dass der mechanische Effect der Beweglichkeit eines Beines zunächst von der Situirung seines Endgliedes abhänge, versuchte ich, um einen bestimmten Ausdruck für die Beweglichkeit eines Beines zu gewinnen, das Terrain abzugrenzen, in welchem das Endglied desselben, sei es in der Ebene oder im Raume, in jeder Linie oder continuirlichen Linear-Complexion zu verkehren vermag. Ich suchte ferner die Bedingungen festzustellen, von denen Form und Grösse dieses Terrains abhängig sind.

Es ergab sich, dass nebst der Zahl Glieder (Gelenke) bei gegebener Länge des Beines, dann der Excursions-Richtung und Grösse der einzelnen Gelenke zunächst die Situirung der Charnier-Axen massgebend ist. So lange diese unter einander parallel stehen, kann das Endglied natürlich nur in der Ebene verkehren; Verkehr im Raume gewinnt das Endglied erst, wenn sich die Axen in mehreren Raumrichtungen überkreuzen. Vollkommen frei aber wird die Bewegung eines Beines erst dann zu nennen sein, wenn das Endglied den ganzen Raum eines Kugelsegments beherrscht, dessen Radius die ganze Länge eines Beines ist; wenn also der Verkehrsraum den Raum dieses Kugelsegmentes vollkommen ausfüllt, wie dies z. B. mit der menschlichen Hand wirklich der Fall ist. Diese freie Beweglichkeit ist zunächst durch ein an der Wurzel des Beines situirtes

Kugelgelenk, oder eine Durchkreuzung zweier Charnieraxen unter rechtem Winkel möglich, wie dies wieder bei den höheren Käferformen am ersten und zweiten Beine der Fall ist.

Unter dieser Grundbedingung könnte bereits das Ende des zweiten Gliedes schon vollkommen frei beweglich sein, wenn seine Länge gleich wäre der des ersten Gliedes und sein Charnier um 180° excurrirte; Bedingungen, die aber wegen der räumlichen Ausdehnung der Skelet- und Muskelmassen nicht ausführbar sind, und desshalb auch eine dritte Gliederung nöthig machen.

Die Gelenks-Combination eines Krebsbeines gestattet dem Scherengliede zwar in allen Raumrichtungen zu verkehren, doch erfüllt ihr Verkehrsraum nicht vollkommen das Kugelsegment, welches die Gesammtlänge des Beines als Radius beschreiben würde.

In dem einfachsten Falle von Gelenks-Combination, wie sie am Abdomen der langschwänzigen Krebse zu finden, wo alle Axen unter sich parallel situirt sind, alle Gelenke gleiche Excursionsrichtung haben und die Glieder ziemlich gleich lang sind, wird die Verkehrsfläche der Endflosse einerseits von einer Abwicklungslinie, andererseits von einer Art cycloider Curve begrenzt.

Untersuchungen, in dieser Richtung fortgesetzt, würden die Lehre von der thierischen Bewegung wesentlich fördern; sie würden schliesslich eine Geometrie der thierischen Bewegung begründen lassen.
